

NIVELES ÓPTIMOS BIOLÓGICOS DE LISINA Y TREONINA DIGESTIBLES PARA CERDOS EN CRECIMIENTO

OPTIMAL BIOLOGICAL LEVELS OF DIGESTIBLE LYSINE AND THREONINE FOR GROWING PIGS

Figuroa-Velasco, J.L.¹; Martínez-Aispuro, J.A.^{1*}; Soni-Guillermo, E.¹; Copado-Bueno, J.M.A.²; López-Rivera, M.²; Cordero-Mora, J.L.¹

¹Programa de Ganadería, Campus Montecillo, Colegio de Postgraduados. ²Departamento de Zootecnia, Universidad Autónoma Chapingo.

*Autor responsable: alfredo_aispuro@yahoo.com

RESUMEN

Se determinaron los niveles óptimos biológicos (NOB) de lisina y treonina digestibles que maximizan las variables productivas de cerdos en crecimiento, mediante dos experimentos con 100 cerdos (75 machos castrados y 25 hembras), distribuidos en cinco tratamientos con cinco repeticiones y dos animales por unidad experimental. La evaluación consistió en cinco niveles de lisina digestible durante cuatro semanas y cinco niveles de treonina digestible durante seis semanas. Para calcular los NOB de cada variable se construyeron y solucionaron modelos econométricos a partir de tendencias detectadas por medio de contrastes ortogonales, consideradas para el análisis de regresión. El NOB de lisina digestible que maximizó el consumo de alimento y ganancia de peso fue 0.74% ($P \leq 0.05$). Los NOB de treonina para consumo de alimento y conversión alimenticia fueron 0.52 y 0.55%, respectivamente, mientras que para ganancia de peso y peso vivo final la mejor respuesta fue 0.62% ($P \leq 0.05$). Estos resultados indican que el NOB de lisina y treonina depende de la variable que se quiera optimizar.

Palabras clave: Nutrición animal, lisina, treonina, aminoácidos.

ABSTRACT

The optimal biological levels (OBL) of digestible lysine and threonine which maximize the productive variables of growing pigs were determined, through two experiments with 100 pigs (75 castrated males and 25 females), distributed in five treatments with five repetitions and two animals per experimental unit. The evaluation consisted in five levels of digestible lysine for four weeks and five levels of digestible threonine for six weeks. To calculate the OBL of each variable, econometric models were built and solved from trends detected through orthogonal contrasts, considered for the regression analysis. The digestible lysine OBL that maximized food consumption and weight gain was 0.74% ($P \leq 0.05$). The threonine OBLs for food consumption and food conversion were 0.52 and 0.55%, respectively, while for weight gain and final live weight the best response was 0.62% ($P \leq 0.05$). These results indicate that the lysine and the threonine OBLs depend on the variable that needs to be optimized.

Keywords: animal nutrition, lysine, threonine, amino acids.

INTRODUCCIÓN

El método más utilizado para estimar los requerimientos nutricionales para animales no rumiantes es el de ensayos de dosis-respuesta, aplicando a los datos obtenidos los modelos Respuesta Lineal con Plató (*Lineal Response with Plateau*) o el modelo Cuadrático (Sakamoura y Rostagno, 2007). Sin embargo, las dietas formuladas con niveles óptimos de aminoácidos digestibles (AA) permiten un uso más eficiente conforme al objetivo biológico de optimizar la producción. La lisina y treonina son el primer y segundo AA limitante, respectivamente, en ingredientes utilizados en dietas para cerdos, y la adición de AA sintéticos puede resolver el problema de la deficiencia de algunos AA y el exceso de otros. Según el NRC (1998; 2012) el requerimiento de lisina digestible para cerdos en crecimiento se estima entre 0.83% y 1.0%. La concentración de lisina para maximizar la ganancia de peso en cerdos en crecimiento es variable, ya que va de 0.69% hasta 1.32%, influenciado por factores, tales como la raza, línea genética, nivel energético, entre otros (Rostagno *et al.*, 2011; NRC, 2012; Hurtado *et al.*, 2012). Resultados de trabajos previos indican que el nivel de lisina afecta de manera discriminada las variables productivas; López *et al.* (2010) evaluó cinco niveles de lisina digestible (0.67, 0.75, 0.83, 0.91 y 0.99%) encontrando que el mejor nivel para consumo de alimento y ganancia de peso fue de 0.75%; para conversión alimenticia de 0.91% y para peso final de 0.99%. Hurtado *et al.* (2012) encontraron un efecto cuadrático en la ganancia de peso y conversión alimenticia; y efecto lineal en relación al consumo de lisina diaria (con 12, 14, 17 y 21 g d⁻¹). Estos autores mencionan que el requerimiento de lisina digestible se estimó en 0.887% para máxima ganancia de peso en cerdos durante la fase de crecimiento (45-70 kg). Otros estudios demuestran que al aumentar el nivel de treonina en la dieta se afecta la conversión alimenticia en cerdos para las etapas de crecimiento y finalización (Ettle *et al.*, 2004) y puede mejorar la ganancia de peso (Pichardo *et al.*, 2003). Sin embargo Estudios realizados por Barowicz *et al.* (2009) y López *et al.* (2010) al probar diferentes niveles de treonina en dietas para cerdos en crecimiento, encontraron que aumentar la concentración de este AA no afecta las variables productivas (consumo diario de alimento, ganancia diaria de peso, conversión alimenticia y peso final). Por lo anterior esta investigación se realizó para determinar los NOB de lisina y treonina para obtener la máxima respuesta productiva de cerdos en crecimiento alimentados con dietas sorgo-pasta de soya (*Glycine max*).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en la Granja Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, Estado de México, a una altitud de 2,250 m. El clima corresponde a templado subhúmedo con lluvias en verano, con oscilación térmica de 5 a 7 °C, con temperatura media anual de 15.2 °C y precipitación media anual de 644.8 mm (García, 1988).

Experimentos

En el experimento 1 se evaluaron cinco tratamientos con 0.67, 0.75, 0.83, 0.91 y 0.99% de lisina digestible en dietas para cerdos en crecimiento durante cuatro semanas. El valor de 0.83% de lisina digestible es el recomendado por el NRC (1998). Los cerdos se distribuyeron en un diseño completamente

al azar considerando cinco repeticiones por tratamiento (dos cerdos por unidad experimental); utilizando 50 cerdos machos castrados con peso promedio de 22.3 kg. En el experimento 2 se evaluaron cinco niveles de treonina digestible en la dieta: 0.42, 0.47, 0.52, 0.57 y 0.62% para cerdos en crecimiento. El valor recomendado por el NRC (1998) es 0.52%. Los cerdos se distribuyeron en un diseño completamente al azar considerando cinco repeticiones por tratamiento (un macho y una hembra por unidad experimental); utilizando 50 cerdos (25 hembras y 25 machos castrados) híbridos (Pietrain×Landrace×Yorkshire) con peso promedio de 24.0 kg. Las dietas se formularon con base a sorgo y pasta de soya con el comando Solver de Microsoft Excel (2001). Los niveles de los ingredientes se mantuvieron constantes en las cinco dietas, y se utilizó arena para ajustar el volumen de todos los nutrimentos; sólo se movió lisina y treonina en las dietas (Cuadro 1 y 2). El suministro de alimento y agua fue a libre acceso. Las variables que se analizaron fueron: consumo de alimento acumulado (CONSAC), ganancia de peso acumulada (GPAC), peso vivo final (PVF), y conversión alimenticia (CA).

Determinación de los NOB de lisina y treonina

Los datos de las variables se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (2010) utilizando el peso vivo inicial (PI) como covariable. Adicionalmente se realizaron contrastes ortogonales para detectar tendencias lineales, cuadráticas o cúbicas de las variables de respuesta a los niveles de lisina o treonina tomando en cuenta el coeficiente de determinación (R²), que se utilizó como criterio para determinar el mejor modelo para ser utilizado en los

Cuadro 1. Dietas experimentales con diferente nivel de lisina digestible.

Ingrediente (%)	Lisina (%)				
	0.67	0.75	0.83	0.91	0.99
Pasta de soya	20.582	20.583	20.583	20.583	20.583
Sorgo	75.922	75.922	75.922	75.922	75.922
Aceite	0.889	0.889	0.889	0.889	0.889
Carbonato Calcio	0.594	0.594	0.594	0.594	0.594
Ortofosfato	0.750	0.750	0.750	0.750	0.750
Premezcla de vitaminas*	0.200	0.200	0.200	0.200	0.200
Premezcla de minerales**	0.100	0.100	0.100	0.100	0.100
L-lisina-HCl	0.099	0.202	0.304	0.407	0.509
L-Treonina	0.084	0.084	0.084	0.084	0.084
DL-metionina	0.019	0.019	0.019	0.019	0.019
Sal	0.350	0.350	0.350	0.350	0.350
Arena	0.410	0.307	0.205	0.102	0.000
Total	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
Análisis calculado					
EM (Kcal)	3265	3265	3265	3265	3265
Proteína Cruda (%)	16	16	16	16	16
Lisina digestible (%)	0.67	0.75	0.83	0.91	0.99
Arginina (%)	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Treonina (%)	0.67	0.67	0.67	0.67	0.67
Triptófano (%)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Metionina+Cistina (%)	0.54	0.54	0.54	0.54	0.54
Calcio (%)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Fosforo total (%)	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

*Cada kg de alimento aportó: Vit. A 480 UI, Vit. D₃ 80 UI, Vit. E 1.2 UI, Vit. K 0.08g, Vit. B₁ 0.000072 g, Vit. B₂ 0.2 g, Vit. B₅ 1.6 g, Vit. B₆ 0.08 g, Vit. B₁₂ 0.0000012 g, Vit. B_H 0.000004 g, Colina 18 g, Ac. Pantoténico 0.64 g, Ac. Fólico 0.00004 g, Antioxidante 0.24 g, Vehículo 80 g, Fe 4 g, Zn 0.004 g, Mg 0.004 g, excipiente 0.04 g.

modelos econométricos. Con los resultados de los contrastes ortogonales se estimaron las curvas de respuesta con los modelos de regresión para incluirse en los modelos econométricos, con los cuales se calcularon los niveles óptimos biológicos de lisina o treonina que maximizan a cada una las variables.

El modelo econométrico para maximizar CONSAC, GPAC, PVF fue: Maximizar CONSAC, GPAC, PVF=f (PI, Lisina o Treonina) Sujeto a $A1X1 - \phi1 Lis \geq Z1$

Con la condición de no negatividad X1, Lisina o Treonina ≥ 0

Donde A1 es la matriz de aporte de nutrimentos de los ingredientes X1 en las dietas de crecimiento; $\phi1$ es el coeficiente de aporte total de Lisina o Treonina de la dieta; Z1 es el requerimiento de nutrimentos diferentes a lisina o treonina. El NOB de CONSAC, GPAC y PVF fueron calculados por medio del Optimizador (Solver) del programa Microsoft Excel (2001), en base a las curvas de respuesta del análisis de regresión en f (PI, Lisina o Treonina) para cada una de las variables.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Niveles de lisina digestible

El análisis de regresión mostró que

el nivel de lisina digestible afectó ($P \leq 0.05$) el consumo de alimento acumulado (CONSAC), la ganancia de peso acumulada (GPAC) y el peso vivo final (PVF), mostrando efectos lineales y cuadráticos (Cuadro 3). La conversión alimenticia no se afectó ($P > 0.05$) por el nivel de lisina en la dieta.

Los resultados de consumo de alimento y ganancia de peso del presente estudio coinciden con otros trabajos donde se observó efecto lineal sobre el consumo de alimento al incrementar la lisina dietaria (Oliveira *et al.*, 2003) y respuesta cuadrática en ganancia de peso

Cuadro 2. Dietas experimentales con diferente nivel de treonina digestible.

Ingrediente (%)	Treonina (%)				
	0.42	0.47	0.52	0.57	0.62
Pasta de soya	17.77	17.77	17.77	17.77	17.77
Sorgo	78.92	78.92	78.92	78.92	78.92
Aceite	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Carbonado de Ca	0.63	0.63	0.63	0.63	0.63
Ortofosfato	0.78	0.78	0.78	0.78	0.78
Premezcla de vitaminas*	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Premezcla de minerales*	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
L-lisina HCL	0.29	0.29	0.29	0.29	0.29
L-treonina	0.02	0.07	0.12	0.17	0.22
DL-Metionina	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
L-Triptófano	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Sal	0.35	0.35	0.35	0.35	0.35
Arena	0.20	0.15	0.10	0.05	0.00
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Análisis calculado (%)					
EM (Kcal)	3265	3265	3265	3265	3265
Proteína cruda	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Lisina	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75
Arginina	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77
Treonina	0.42	0.47	0.52	0.57	0.62
Triptófano	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Metionina+Cistina	0.47	0.47	0.47	0.47	0.47
Calcio	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60
Fosforo total	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51

*Cada kg de alimento aportó: Vit. E 1.2 UI, Vit. K 80 mg, Vit. B₁ 0.072, Vit. B₂ 200 mg, Vit B₅ 1,600 mg, Vit. B₆ 80 mg, Vit B₁₂ 0.0012 mg, Vit. B_H 0.004 mg, Colina 1,800 mg, Ac. Pantoténico 640 mg, Ac. Fólico 0.04 mg, Antioxidante 240 mg, Fe 4,000 mg, Zn 4 mg, Mg 4 mg.

Cuadro 3. Estimación del consumo de alimento acumulado (CONSAC), ganancia de peso acumulada (GPAC) y peso final (PVF) por efecto de lisina digestible, de cerdos en crecimiento.

	CONSAC	GPAC	PVF
Parámetro	Estimador	Estimador	Estimador
Intercepto	-829.14**	-271.01*	-320.60*
Semana	12.94**	6.11**	6.11**
Lisina	2949.48*	964.46*	1149.00*
Lisina ²	-3556.43*	-1165.71*	-1393.91*
Peso inicial	0.97**	0.35**	1.31**
R ²	0.96	0.95	0.97

n.s. no significativo ($P \geq 0.05$); * significativo ($P \leq 0.05$); ** altamente significativo ($P \leq 0.01$).

(Oliveira *et al.*, 2003; Abreu *et al.*, 2007) de cerdos en crecimiento. Sin embargo Susenbeth *et al.* (1999) señalan que a mayor concentración de lisina en la dieta se limita el consumo de alimento, debido a que existe un límite en la retención de lisina en el animal. Abreu *et al.* (2007),

Kiefer *et al.* (2010) y Hurtado *et al.* (2012), al evaluar niveles desde 0.60 hasta 1.1% de lisina, determinaron que la adición creciente no altera el consumo de alimento de cerdos en crecimiento. El PVF fue afectado por el nivel de lisina digestible, resultado diferente a los encontrados

por Sena *et al.* (2012), quienes no registraron diferencias significativas en el peso final ($P>0.05$) en cerdos de 24 a 50 kg por el nivel de lisina en la dieta. Los NOB para maximizar el consumo de alimento y la ganancia de peso fueron similares (0.74%), mientras que el NOB para maximizar peso vivo fue ligeramente superior (0.75%; Cuadro 4).

El NOB de lisina determinado para las variables productivas no coincide con los valores establecidos por el NRC (1998, 2012; 0.83 y 1.0 %, respectivamente), Rostagno *et al.* (2011; 0.90%) y Hurtado *et al.* (2012; 0.83%), considerando que estos valores se establecen para obtener la máxima ganancia de peso y son referentes para la formulación de raciones de cerdos en Norteamérica y Sudamérica. La razón de que el valor de lisina sea distinto en el presente estudio puede ser debido a la raza o genotipo de los cer-

dos utilizados (Oliveira *et al.*, 2006), la concentración energética en las dietas (Main *et al.*, 2008), la época del año en que fueron realizados los estudios, el sexo y estado fisiológico del cerdo, y a que actualmente las razas que se utilizan se seleccionan para mayor y más rápida deposición de carne magra (Rostagno *et al.*, 2011). Esto hace que el requerimiento de lisina afecte de manera distinta cada una de las variables productivas reflejándose en las diferencias observadas con los trabajos realizados para determinar la concentración más adecuada para cada una de estas variables.

Niveles de treonina digestible

La GPAC y el PVF tuvieron un comportamiento lineal ($P\leq 0.05$; Cuadro 5), lo que puede indicar que cuando se agregan 0.20% de treonina adicionales a la sugerencia del NRC (1998) la ganancia de peso y el peso final aumentan significativamente

($P\leq 0.05$). Los resultados de presente trabajo pueden ser corroborados por Rodrigues *et al.* (2001) quienes encontraron que el nivel de treonina (0.60, 0.65, 0.70, 0.75 y 0.80%) influye ($P\leq 0.04$) de forma lineal la ganancia de peso y peso final.

El NOB determinado para ganancia de peso y peso final del presente experimento fue de 0.62% de treonina (Cuadro 4); valor diferente al recomendado por el NRC (1998; 0.52%) pero muy aproximado al recomendado por el nuevo NRC (2012; 60%) (Rostagno *et al.*, 2011). El análisis de regresión mostró que el CONSAC se afectó ($P\leq 0.01$) cuadráticamente al incrementar el nivel de treonina (Cuadro 5), determinando que una concentración de 0.52% en la dieta redujo el consumo de alimento (Cuadro 4), valor similar a lo recomendado por el NRC (1998). Sin embargo el propósito en la producción de cerdos es maximizar el

Cuadro 4. Niveles óptimos biológicos de lisina y treonina digestible para cerdos en crecimiento.

Parámetro	Lisina			Treonina		
	Tipo	NOB	Valor del parámetro	Tipo	NOB	Valor del parámetro
CSMAC	Max	0.74	51.49	Min	0.52	68.76
GPAC	Max	0.74	24.46	Max	0.62	30.36
CA	Min	ND	-	Min	ND	-
PVF	Max	0.75	46.50	Max	0.62	54.37

ND: No determinado. CSMAC: Consumo acumulado de alimento. GPAC: Ganancia de peso acumulada. CA: Conversión alimenticia. PVF: Peso vivo final. Max: Maximizar. Min: Minimizar.

Cuadro 5. Estimación del consumo de alimento acumulado (CSMAC), ganancia de peso vivo acumulada (GPAC), conversión alimenticia acumulada (CAAC), y peso vivo final (PV) por efecto de treonina digestible de cerdos en crecimiento.

Parámetro	CSMAC		GPAC		CAAC		PVF	
	Estimador		Estimador		Estimador		Estimador	
Intercepto	38.2726	n.s.	-3.7319	n.s.	7.3649		-3.7319	n.s.
Semana	13.3203	**	5.6430	**	-0.0616		5.6430	**
Treonina	-267.8518	**	5.1870	*	-27.4057		5.1870	*
Treonina ²	257.7992	**			24.9891			
Peso inicial	0.8391	*	-0.1241	n.s.	0.1092	**	0.8758	**
R ²	0.97565		0.9718		0.3018		0.9722	

n.s. no significativo ($P\geq 0.05$); *significativo ($P\leq 0.05$); **altamente significativo ($P\leq 0.01$).

consumo de alimento por lo que el valor de 0.52% no sería recomendable; debido posiblemente a que este nivel afecta la relación que guarda con el resto de los aminoácidos, especialmente con lisina. Por lo cual el nivel de treonina recomendado en el presente trabajo sería de 0.62%, pues es el valor que coincide con el NOB determinado para ganancia de peso y peso final, asegurando que el consumo de alimento no será afectado. En un estudio realizado por Cervantes y Espinoza (2003) indican que el consumo de alimento se afecta linealmente ($P \leq 0.05$) al incrementar el nivel de treonina en dietas para cerdos en crecimiento (27.8 kg de PV), y registraron que el nivel óptimo es de 0.68%, resultados muy próximo al recomendado en el presente estudio. La investigación realizada por Barowicz *et al.* (2009) con cerdos en crecimiento (30 a 60 kg de PV) al evaluar diferentes niveles de treonina digestible de (0.62, 0.64, 0.66 y 0.68%), no muestra diferencias en el consumo de alimento, ganancia de peso y peso final por lo cual no sería recomendable utilizar valores superiores al 0.62%. Para CA no se pudo determinar el NOB debido a que la R^2 fue muy baja (0.30), y al respecto Barowicz *et al.* (2009) señalan que la conversión alimenticia no se afecta por los diferentes niveles de treonina en dietas para cerdos en crecimiento.

CONCLUSIONES

El nivel óptimo de lisina y treonina digestible depende de la variable productiva que se quiera optimizar. Algunas veces los niveles de lisina para maximizar el consumo de alimento y la ganancia de peso coinciden entre sí. Sin embargo, los valores óptimos de lisina y treonina son superiores a los recomendados por el NRC (1998) y se aproximan más a los valores recientemente establecidos por el NRC (2012).

LITERATURA CITADA

- Abreu M.L.T. de., Donzele J.L., Miranda de O.R.F., de Oliveira A.L.S., Santos F. de A. e Pereira A.A. 2007. Níveis de lisina digestível em rações, utilizando-se o conceito de proteína ideal, para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 60 aos 95 kg. Rev. Bras. Zootec. 36(1): 54-61.
- Barowicz T., Pietras M., Pieszka M., Migdat W., Živković B. 2009. The effect of dietary synthetic threonine supplementation on fattening traits, slaughter traits and meat quality of fatteners. Biotechnol. Anim. Husb. 25: 871-877.
- Cervantes R.M., Espinoza S. 2003. Disponibilidad biológica de lisina y treonina en trigo (*Triticum aestivum*) para cerdos en crecimiento. Agrociencia. 37: 129-138.
- Sena G.E.R., da Trindade N.M.A., Antonio B.D., Lemos B.F.E., Rodrigues G.J., Schammass E.A. 2012. Digestible lysine levels in diets for pigs from 24 to 50 kg under sanitary segregation. Rev. Bras. Zootec. 4: 2039-2047.
- Ettle T., Roth-Maier D.A., Bartelt J., Roth F. X. 2004. Requirement of true ileal digestible threonine of growing and finishing pigs. J. Anim. Physiol. Anim. Nut. 88: 211-222.
- García M.E. 1988. Modificación al sistema de clasificación climática de Koppen para adaptarlo a las condiciones particulares de la República Mexicana. Talleres Offset Larios. México.
- Hurtado N.V.L., de Ribeiro Nobre S.R.T., Sant'Anna L.M. 2012. Efecto de los niveles de lisina digestible sobre el rendimiento de cerdos en crecimiento de 45 a 70 kg de peso alimentados con raciones conteniendo subproductos de arroz. Orinoquia. 16: 39-45.
- Kiefer C., Donzele J.L., Oliveira R.F.M. 2010. Digestible lysine for pigs not castrated of high genetic potential in growth phase. Ciencia Rural. 40: 1630-1635.
- López M., Figueroa J.L., González M.J., Miranda L.A., Zamora V., Cordero J.L. 2010. Digestible lysine and threonine levels in sorghum-soybean meal diets for growing pigs. Arch. de Zootec. 59: 205-216.
- Main R.G., Dritz S.S., Tokach M.D. 2008. Determining an optimum lysine:calorie ratio for barrows and gilts in a commercial finishing facility. J. Anim. Sci. 86: 2190-2207.
- Microsoft Excel. 2001. Microsoft Corporation. 1985-2001. Redmond, WA, USA.
- National Research Council (NRC). 1998. Nutrient requirements of swine (10th Ed.). National Academic Press, Washington, DC. 190 pp.
- National Research Council (NRC). 2012. Nutrient Requirements of Swine (11th Ed.). National Academy Press, Washington, DC. Pp 208-239.
- Oliveira A.L.S. de., Donzele J.L., de Oliveira R.F.M., Lopes D.C., Moita A.M.S., Silva F.C. de O., de Freitas L.S. 2003. Lisina em rações para suínos machos castrados selecionados para deposição de carne magra na carcaça dos 95 aos 110 kg. Rev. Bras. Zootec. 32: 337-343.
- Oliveira A.L.S. de., Donzele J.L., de Oliveira R.F.M., de Abreu M.L.T., Ferreira A.S., de Oliveira F.C., Haese D. 2006. Exigência de lisina digestível para suínos machos castrados de alto potencial genético para deposição de carne magra na carcaça dos 15 aos 30 kg. Rev. Bras. Zootec. 35: 2338-2343.
- Pichardo A., Cervantes M., Cuca M., Figueroa J.L., Araiza A.B., Torrentera N., Cervantes M. 2003. Limiting amino acids in wheat for growing-finishing pigs. Interciencia. 28:287-291.
- Rodrigues, N.E.B., Donzele J.L., Miranda de O.R.F., Lopes D. C., Ferreira A. S., Filho M.R., Orlando U.A.D. 2001. Níveis de treonina em rações para leitoas com alto potencial genético para deposição de carne magra dos 30 aos 60 kg. R. Bras. Zootec. 30: 2039-2045.
- Rostagno H.S., Albino L.F.T., Donzele J.L., Gomes P.C., Oliveira R.F., Lopes D.C., Ferreira A.S., Barreto S.L.T., Euclides R.F. 2011. Brazilian Tables for Poultry and Swine. 3rd edition. Universidade Federal de Vicosa- Departamento de Zootecnia. Editor: Horacio Santiago Rostagno Viçosa. Pp. 251.
- Sakomoura N.K., Rostagno H.S. 2007. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal, UNESP. 283 p.
- SAS. 2009. SAS/STAT User's guide. 2nd Ed. SAS Institute Inc., Cary, N.C. USA.
- Susenbeth A., Dickel T., Diekenhorst A., Hohler D. 1999. The effect of energy intake, genotype, and body weight on protein retention in pigs when dietary lysine is the first-limiting factor. J. Anim. Sci. 77:2985-2989.